5К

**УДК 681.518.2**

***Е.И. Кучеренко*[1], *И.С. Глушенкова*[2]**
[1]Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина
[2]Харьковская национальная академия городского хозяйства, Украина

# Об информационных технологиях принятия решений в задачах оценки состояния территорий

В работе получили дальнейшее развитие методы оценивания сложных объектов, функционирующие в нечетком пространстве состояний. Методы отличаются использованием средств оптимизации индексов нечеткости с последующим упорядочением множества факторов и выбора альтернатив на множестве решений по критерию минимума временных затрат. Перспективным направлением дальнейших исследований является совершенствование критериев, методов, алгоритмов и программного обеспечения на множестве альтернатив при принятии ответственных решений.

## Введение

Важным аспектом принятия предварительных оперативных оценок о состоянии пространственно распределенных объектов землепользования является отсутствие исходных данных о состоянии объекта. На состояние объекта влияет множество факторов, оценка и анализ которых является сложной проблемой из-за отсутствия априорных данных. К ним в первую очередь следует отнести многоаспектность, разноплановость и многокритериальность множества существующих факторов, которые функционируют в условиях неопределенности нечеткого пространства состояний. В настоящее время актуальным является использование алгебры нечетких вычислений как инструмента в принятии ответственных решений в условиях неопределенности [1], [2]. Задача становится также чрезвычайно важной из-за отсутствия эффективного математического аппарата, направленного на оперативное решение поставленных проблем, что вызывает дополнительный интерес к их решению.

**Целью данной работы** является разработка подходов к нахождению целенаправленных оперативных решений, позволяющих оценить состояние множества факторов, выделить из них наиболее важные факторы в количественном и, возможно, качественном аспекте для принятия решений. Такой подход позволит повысить достоверность решений при одновременном снижении времени анализа пространства состояний объекта.

## Постановка задачи исследований

Пусть существует функционально и территориально распределенный объект. Объект включает множество земельных участков промышленного или иного назначения. При оценке их стоимости, привлекательности, профессиональной пригодности существует множество факторов $\{\Phi_i\}$, $i \in I$, к которым в первую очередь следует отнести: протяженность линий газотранспортных магистралей – $L_i$, отнесенных к полезной площади охвата площадей застройки $S_i$; протяженность линий канализационных стоков $L_j$, отнесенных к полезной площади охвата площадей застройки $S_j$; привле-

кательность территорий $C_{ij}$; сопутствующие факторы $\Phi_k$, интегрирующие некоторое подмножество полезных факторов $\Phi_k \subseteq \Phi_i$. Множество процессов $\widetilde{\Phi}_i$ функционирует в нечетком пространстве состояний.

Необходимо:

– предложить подходы к оценке привлекательности таких процессов $\tilde{\Pi}_{ij}^{(s)}$;

– оценить способы принятия решений на множестве альтернатив $At_m$;

– сформулировать рекомендации по выбору и оценке альтернатив $At_m$;

– процессы оценки на множестве факторов $\Phi_k \in \Phi_i$ должны быть ориентированы на современные информационные технологии и решения.

# Разработка методов оценки и принятия решений на множестве существующих факторов

Пусть существует некоторое подмножество факторов $\Phi_k \subseteq \Phi_i$. Для этих факторов характерно нечеткое пространство состояний $\widetilde{R}$, причем пространство $\widetilde{R}$ представлено на множестве отношений «условие-действие». Тогда для множества $\tilde{\Pi}_{ij}^{(s)}$ можно сформулировать следующее утверждение:

**Утверждение 1.** Если существуют функции принадлежности [1] на некоторой области их определений $[0, X_0]$ на множестве факторов $\Phi_k \subseteq \Phi_i$, то эффективным является фактор, для которого расстояние Хемминга [3] при их попарном сравнении принимает значение:

$$d(\mu_{\widetilde{\Phi}_k}(x), \mu_{\widetilde{\Phi}_l}(x)) \to \min, \tag{1}$$

где $d(\bullet)$ – расстояние Хемминга.

Содержательный анализ значения (1) показал, что область его применения ограничена из-за требования равенства мощности дискрет функций принадлежности, что не всегда имеет место из-за различной величины $X_0$, а также различного разрешения дискретизации на множестве функций.

Таким образом, мы можем сформулировать следующее утверждение.

**Утверждение 2.** Если существуют функции принадлежности [2] на некоторой области их определений $[0, X_0]$ на множестве факторов $\Phi_k \subseteq \Phi_i$, то эффективным является фактор, для которого экстремум линейного индекса нечеткости Хемминга [3] принимает значение:

$$\frac{2}{n} d(\mu(\overline{\overline{\tilde{\Phi}}}_k), \mu(\tilde{\Phi}_k)) \to extr, \tag{2}$$

где $\mu(\overline{\overline{\tilde{\Phi}}}_k)$ – четкое множество дискрет функций принадлежности, ближайшее к нечеткому, причем его значение определено как [3]:

$$\mu(\overline{\overline{\tilde{\Phi}}}_k) = \begin{cases} 1, \ \mu(\tilde{\Phi}_k) \geq \ 0,5 \\ 0, \ \mu(\tilde{\Phi}_k) < \ 0,5 \end{cases}. \tag{3}$$

Справедливость значения (3) справедлива из постановки задачи и сущности линейного индекса нечеткости. Достоинство подхода непосредственно вытекает из того очевидного факта, что для (3) отсутствует требование равенства мощности дискрет для различных факторов из $\Phi_k$ .

Рассмотрим два случая для определения значения (2).

**Утверждение 3.** Если существуют функции принадлежности [2] на некоторой области их определений $[0, X_0]$ на множестве факторов $\Phi_k \subseteq \Phi_i$, то эффективным является фактор, для которого экстремум линейного индекса нечеткости Хемминга [3] принимает значение:

$$\frac{2}{n} d(\mu_{\bar{\bar{\Phi}}_k}), \mu(\Phi_k)) = \max, \quad k \in I \ . \tag{4}$$

Выражение (4) – это так называемый взгляд «оптимиста», который позволяет выделить из множества факторов $\Phi_k \subseteq \Phi_i$ максимальное значение индекса. Такой подход, при всей сложности, и, может быть, недостатке учета других, менее значимых (плохо определенных факторов), позволяет оперативно осуществлять грубые оценки на множестве факторов. Действия согласно (4) осуществляем на всем множестве факторов с последующим рассмотрением некоторого фактора, для которого справедливо (4).

Важно также рассмотреть случай, когда осуществляется поиск (2) с точки зрения «пессимиста».

**Утверждение 4.** Если существуют функции принадлежности [2] на некоторой области их определений $[0, X_0]$ на множестве факторов $\Phi_k \subseteq \Phi_i$, то эффективным является фактор, для которого экстремум линейного индекса нечеткости Хемминга [3] принимает значение:

$$\frac{2}{n} d(\mu_{\bar{\bar{\Phi}}_k}), \mu(\Phi_k) = \min, \quad k \in I. \tag{5}$$

Очевидно, что этот индекс (5) принадлежит мнению «пессимиста». Действия, согласно (5), осуществляем на всем множестве факторов $\Phi_k \subseteq \Phi_i$ с последующим рассмотрением некоторого фактора, для которого справедливо (5).

# Разработка технологии принятия решений на множестве факторов и альтернатив

Содержательный анализ существующих решений показал, что в данном случае реализована следующая стратегия:

1. Выделив область исследований (множество земельных участков $\{Z_\lambda\}, \lambda \in \Lambda$), осуществляем выделение и обоснование множества важных факторов $\Phi_k \subseteq \Phi_i$.

2. Формируем области значения характерных функций принадлежности [3], определяем множество параметров [4] для термов лингвистических переменных:

3.

$$\mu(x) = e^{-k_1 x^2}, \quad k_1 > 0 \quad \text{– «малое значение»,} \tag{6}$$

$$\mu(x) = e^{-k_2 (x-a)^2}, \quad k_2 > 0 \quad \text{– «среднее значение»,} \tag{7}$$

$$\mu(x) = 1 - e^{-(x-b)^2}, \quad k_2 > 0, \quad x > b \quad \text{– «большое значение»,} \tag{8}$$

где $k_1, k_2, k_3$ – крутизна функций (6) – (8); $a$, $b$ – некоторые смещения функций.

4. Используя знания экспертов, осуществляем настройку параметров функций принадлежности (6) – (8). При этом реализуем две стратегии:

– используя знания экспертов, осуществляем сдвиг нулевых значений функций (7), (8) до получения ожидаемых их значений на множестве аргументов $[0, X_0]$. Очевидно, что такие решения носят достаточно ограниченный характер;

– используя основные положения работы [5], реализуя процедуры нечеткого логического вывода и знания экспертов о предметной области, реализуем процедуры настройки функций (6) – (8) с использованием многозначной логики.

Учитывая, что [5] временные показатели метода на основе модификации метода дихотомии могут быть улучшены посредством введения возможности оптимизации параметра самого алгоритма путем применения принципов нечеткой логики и ранжирования, применим следующую стратегию:

– Фаззификация правил продукций, выбор типов функции принадлежности.

– Используя экспертные оценки, задание параметров функций принадлежности.

– Решение задачи нечеткого логического вывода.

– Дефаззификация нечеткого логического вывода.

– Определение оценки ожидаемого дефаззифицированного значения – $y_{\text{ожидаемое}}$.

– Задание параметров $d2$, $\Delta d$, $\varepsilon$.

– Запуск процесса итерационной аппроксимации.

– Остановка процесса при достижении необходимой точности $\varepsilon$.

– Определение оптимальных значений множителя дихотомии $m$ для различных типов функций принадлежности.

– Выдача рекомендаций по оптимальному значению множителя для конкретного типа нечеткой величины функции принадлежности с использованием критерия ранжирования.

– Повторный прогон, уточнение параметров дихотомии в многозначной интерпретации.

– Уточнение параметров $k_1, k_2, k_3$. Останов.

4. Используя один из подходов (4) или (5), настроенные с учетом пункта 3 функции принадлежности (6) – (8), осуществляем формирование упорядоченных по соответствующему критерию из $\Phi_k \subseteq \Phi_i$ с последующей оценкой степени привлекательности (и, соответственно, цены) определенных участков.

Степень привлекательности в общем виде может быть представлена в виде функции принадлежности степени привлекательности в виде

$$\mu_{cn} = 1 - e^{-k_c (x-z)^2}, \qquad (9)$$

где $k_C$ – степень крутизны, $z$ – некоторая константа, причем $k_C > 0$, $x > z$.

5. При наличии множества факторов, которые обладают близкими значениями индекса нечеткости [5], может быть сформировано некоторое подмножество факторов, для которых определяется множество альтернатив $At_m$ по критерию минимального времени освоения территории

$$At_m = \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i, \quad \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i \to \min \qquad (9)$$

6. Критерии (9) могут уточняться путем дополнительного подключения некоторых сопутствующих факторов и критериев.

Использование предложенного подхода в задачах оценки городских территорий, а также земель различного назначения позволили получить положительную оценку методических и программных средств их реализации на реальном объекте, повысить качество в принятии решений.

# Выводы

1. Получили дальнейшее развитие методы оценивания сложных объектов, функционирующие в нечетком пространстве состояний, которые отличаются использованием методов оптимизации, в смысле обработки процессов нечеткой логики, индексов нечеткости с последующим упорядочением множества факторов и выбора альтернатив на множестве решений по критерию минимума временных затрат.

2. Признано, что решения по оцениванию состояния объекта могут быть реализованы как на основе стратегии пессимистических, так и оптимистических решений.

3. Перспективным направлением дальнейших исследований является совершенствование критериев, методов, алгоритмов и программного обеспечения на множестве альтернатив при принятии ответственных решений. Дальнейшие подходы определяют целесообразность применения знаниеориентированных технологий для принятия решений в нечетком пространстве состояний. Это вызывает необходимость дальнейших исследований.

# Литература

1. Tsoukalas L.H. Fuzzy and Neural Approaches in Engineering / L.H. Tsoukalas, R.E. Uhrig. – New York : John Wiley&Sons.Inc, 1997. – 587 p.
2. Кучеренко Е.И. Проблемы моделирования и анализа нечетких процессов управления / Е.И. Кучеренко // Радиоэлектроника и информатика. – 2001. – № 2. – С. 118-121.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / Кофман А. ; [пер. с фр.]. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.
4. Бодянский Е.В. Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем / Бодянский Е.В., Кучеренко Е.И., Михалев А.И. – Дніпропетровськ : Системні технології, 2005. – 311 с.
5. Кучеренко Е.И. О модификации методов оперативной настройки функций принадлежности в знаниеориентированных моделях / Е.И. Кучеренко, А.В. Корниловский, И.С. Глушенкова // Системы обработки информации. – 2010. – № 5 (86). – С. 54-57.
6. Нейро-фаззи модели и мультиагентные технологии в сложных системах / Е.В. Бодянский, В.Е. Кучеренко, Е.И. Кучеренко [и др.] – Дніпропетровськ : Системні технології, 2008. – 412 с.

***Є.І. Кучеренко, І.С. Глушенкова***

**Про інформаційні технології прийняття рішень у задачах оцінювання стану територій**

В роботі отримали подальший розвиток методи оцінювання складних об’єктів, що функціонують в нечіткому просторі станів. Методи відрізняються використанням засобів оптимізації індексів нечіткості з подальшим упорядкуванням множини факторів та вибору альтернатив на множині рішень за критерієм мінімуму витрат. Перспективним напрямком подальших досліджень є удосконалення критеріїв, методів, алгоритмів та програмного забезпечення на множині альтернатив у прийнятті відповідальних рішень.

***E.I. Kucherenko, I.S. Glushenkova***

**On Information Technologies of Decision-mabeing in Tasrs of Estimation of Territories’ State**

The methods of estimation of complex objects, functioning in a fuzzy state space. Are developed methods differ in the use of optimization the fuzziness indexes, by ordering a set of factors and selection of alternatives on the set of solutions for the criterion of minimum expenditure of time. The promising direction for further research is refinement of the criteria, methods, algorithms and software on the set of alternatives in making responsible decisions.

*Статья поступила в редакцию 21.06.2010.*